



Prioritization of Factors Affecting Drought Using the Fuzzy Analytic Hierarchy Process Method (Case Study: Torbat Heydarieh City)

Amir Reza Rezaeei¹, Ali Reza Roshani^{2*}

1. MSc. Student in Irrigation and Drainage Engineering, Department of Agriculture Engineering-Water, Azad Islamic University, Torbat Heydarieh Branch, Torbat Heydarieh, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Agriculture Engineering-Water, Azad Islamic University, Torbat Heydarieh Branch, Torbat Heydarieh, Iran.

*Corresponding Author: Al.Roshani1347@iau.ac.ir

Keywords:

Increase in water consumption, Population growth, Precipitation reduction, Temperature increase, Weak management.

Extended abstract

Abstract

Introduction: Iran, one of the driest countries in the world, frequently experiences severe droughts. Drought is a result of the mutual effects of natural and social environments. Iran, due to its unique location and topographic features, is a vast country with a distinct climate. Iran's climate, both wet and dry, is characterized by the occurrence of drought. In recent years, many regions of the country have experienced severe and exceptional droughts, which have been very significant in terms of intensity and extent. Therefore, investigating the factors affecting drought is one of the basic needs of societies, managers, and national and regional planners. Torbat Heydarieh city is located in Razavi Khorasan province and is characterized by dry and semi-arid climate conditions. In this city, agriculture is one of the main indicators of people's employment and drought can have significant effects on the economic prosperity of this region. On the other hand, there are relatively few studies on the factors affecting drought in Torbat Heydarieh city, which indicates a research gap. Considering that factors affecting drought have not been comprehensively investigated so far, conducting this research by comprehensively investigating the factors affecting drought and using the fuzzy analytical hierarchical process technique can provide useful and effective suggestions to reduce the effects of drought.

Materials and Methods: In this research, the prioritization of the factors affecting drought using the fuzzy analytical hierarchy Process technique has been investigated in Torbat Heydarieh city. The statistical community consisted of 15 individuals with more than 10 years of work experience in this field, as well as agricultural experts. We used interviews and expert opinions to confirm the validity of the questionnaire, and used Cronbach's alpha test to confirm its reliability. The experts identified 19 sub-indices in the form of 5 main ones that influence drought in Torbat Heydarieh city after

Received:

04 February 2024

Revised:

16 March 2024

Accepted:

24 March 2024

How to cite this article:

Rezaeei, A.M., & Roshani, A.R. (2024). Prioritization of Factors Affecting Drought Using the Fuzzy Analytic Hierarchy Process Method (Case Study: Torbat Heydarieh City). *Journal of Drought and Climate change Research*, 2(1), 77-92. [10.22077/JDCR.2024.7255.1057](https://doi.org/10.22077/JDCR.2024.7255.1057)



reviewing the theoretical literature of the research.

Results: Based on the results obtained using the fuzzy analytical hierarchical process technique, prioritization of the main indicators from most to least was in the order of “human factors”, “cultural factors”, “social factors”, “climatic factors” and “geographical factors”. The prioritization of all sub-indices based on their weight in each main index and also, by considering the weight of the main indices, was in the following figure.

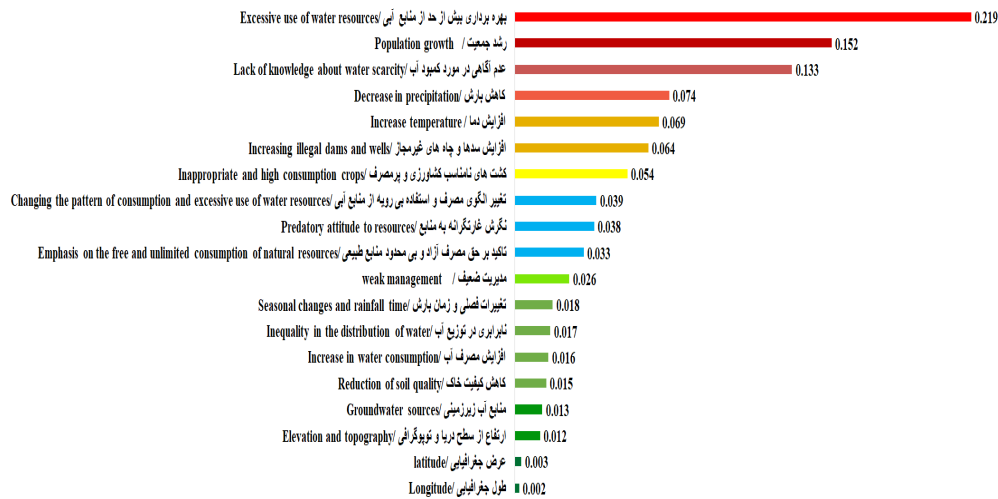


Fig 1. Prioritization and final weight of variables affecting drought in Torbat Heydarieh city

Conclusion: Based on the obtained results, it was found that among the 19 investigated sub-indices, the sub-indices of “excessive use of water resources” had the highest degree of importance, the sub-indices of “population growth”, “lack of awareness about water shortage”, “reduction of rainfall”, “increase in temperature”, “increase in unauthorized dams and wells” and “unsuitable and intensive crops” were placed in the next grade. “Longitude and latitude”, “elevation and topography” and “underground water resources” as sub-indices of the main index of “geographical factors” had the least impact on drought in this city.



اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر خشکسالی با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی

(مورد مطالعه: شهرستان تربت حیدریه)

امیررضا رضائی^۱، علیرضا روشنی^{۲*}

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی کشاورزی- آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران.
 ۲- استادیار گروه مهندسی کشاورزی- آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران.

*نویسنده مسئول: Al.Roshani1347@iau.ac.ir

چکیده

ایران از جمله کشورهای خشک دنیاست که در معرض خشکسالی‌های شدید قرار دارد. خشکسالی حاصل تأثیرات متقابل محیط طبیعی و اجتماعی است و اثرات پدیدۀ خشکسالی نه تنها بر تولید محصولات کشاورزی، بلکه به‌طور همزمان بر تمامی موجودات زنده تأثیرگذار است. در این پژوهش اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر خشکسالی با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری سلسله مراتبی فازی در شهرستان تربت حیدریه مورد بررسی قرار گرفته است. جامعه آماری شامل خبرگان در این زمینه و کارشناسان جهاد کشاورزی با بیش از ۱۰ سال سابقه کاری به تعداد ۱۵ نفر بودند. روایی پرسشنامه از طریق مصاحبه و استعلام نظرات خبرگان و پایایی آن از طریق آزمون آلفای کرونباخ تأیید گردید. پس از بررسی ادبیات نظری پژوهش، تعداد ۱۹ عامل فرعی در قالب ۵ عامل اصلی مؤثر بر خشکسالی در شهرستان تربت حیدریه از نظر خبرگان شناسایی شد. اولویت عوامل اصلی مؤثر بر خشکسالی در این شهرستان به ترتیب اهمیت آن‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به صورت «عوامل انسانی»، «عوامل فرهنگی»، «عوامل اجتماعی»، «عوامل اقلیمی» و «عوامل جغرافیایی» می‌باشد. براساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که در میان ۱۹ زیرشاخص مورد بررسی، زیرشاخص «بهره‌برداری بیش از حد از منابع آبی» دارای بالاترین درجه اهمیت بوده و زیرشاخص‌های «رشد جمعیت»، «عدم آگاهی در مورد کمبود آب»، «کاهش بارش»، «افزایش دما»، «افزایش سدها و چاه‌های غیرمجاز» و «کشت‌های نامناسب و پرمصرف کشاورزی» در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. «طول و عرض جغرافیایی»، «ارتفاع از سطح دریا و توپوگرافی» و «منابع آب زیرزمینی» به‌عنوان زیرشاخص‌های شاخص اصلی «عوامل جغرافیایی» کمترین میزان تأثیر بر خشکسالی را در این شهرستان داشتند.

واژه‌های کلیدی:

افزایش دما، افزایش مصرف آب، رشد جمعیت، کاهش بارش، مدیریت ضعیف.

تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۱۱/۱۵

تاریخ ویرایش:

۱۴۰۲/۱۲/۲۶

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۱/۰۵

مقدمه

خشکسالی یک بلای طبیعی نامشهود است که می‌تواند در هر آب و هوایی رخ دهد (Shiravand and Bayat, 2023). خشکسالی طی سالیان گذشته آسیب‌های زیادی به بخش کشاورزی و جامعه روستایی و شهری وارد کرده است. در دهه‌ی اخیر، رویکرد مقابله با شرایط و رخدادهای طبیعی، جای خود را به کنار آمدن و زندگی کردن با آن‌ها داده است (Arboni et al., 2022). منشأ اصلی خشکسالی کمبود بارش طی یک دوره‌ی طولانی از زمان است که معمولاً یک فصل یا بیشتر می‌باشد. در واقع خشکسالی وضعیتی است که در آن، منطقه برای مدتی، کمتر از باران انباشته، باران ورودی دریافت می‌کند و این موضوع کاهش قابل توجهی در ذخایر آب زیرزمینی و سطحی موجود را به همراه دارد و می‌تواند تأثیرات زیادی بر اقلیم مناطق شهری و روستایی داشته باشد (Ebadi et al., 2023). خشکسالی حاصل تأثیرات متقابل محیط طبیعی و اجتماعی است و اثرات پدیده‌ی خشکسالی نه تنها بر تولید محصولات کشاورزی، بلکه به‌طور همزمان بر تمامی موجودات زنده اعم از گونه‌های گیاهی و جانوری (اهلی و وحشی) مؤثر بوده و همچنین بر انسان‌ها تأثیرگذار است. در هر صورت، از آنجایی که مفهوم خشکسالی مفهومی پیچیده است، برای جلوگیری از سوء تفاهم و ارائه‌ی تعابیر مختلف، تعریف واضح و روشن آن بسیار مهم است (Razmkhah et al., 2022).

کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه به یک میزان از خشکسالی آسیب نمی‌بینند و این‌ها به خاطر تفاوت در اقلیم بلکه به علت تفاوت در مدیریت آن‌ها می‌باشد. معمولاً مدیریتی که هم‌اکنون برای جلوگیری و مقابله با خشکسالی در جریان می‌باشد ساخت سدهای بیشتر، افزایش پروژه‌های شیرین کردن آب و انجام حفاری‌ها است (Mansuri Mogha-dam et al., 2000). در نتیجه با اعمال این نوع مدیریت نه تنها مشکل حل نخواهد شد؛ بلکه بهره‌برداری بیش از حد و ناپایدار از منابع آبی و نهایتاً تشدید مشکل را نیز به دنبال خواهد داشت (Mansuri Mogha-adam et al., 2000; Zalaghi et al., 2013). دولت برای

متوقف کردن خشکسالی می‌بایست عوامل مؤثر بر خشکسالی را در اولویت برنامه‌های استراتژیک خود قرار دهد زیرا واضح است که افزایش استحصال آب راهکار مناسبی نخواهد بود. عوامل بسیاری از جمله عوامل اقلیمی، عوامل انسانی، عوامل اجتماعی، عوامل اقتصادی و عوامل فرهنگی بر خشکسالی مؤثر هستند. تأثیرات ناشی از عوامل آب و هوایی به‌کندی رخ می‌دهد، اما تأثیراتی که توسط فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود، سریع‌تر شتاب می‌گیرد و شدیدتر است. بنابراین فعالیت‌های انسانی یکی از مهم‌ترین عوامل خشکسالی است زیرا تخریب زمین، خشکسالی و بیابان‌زایی همگی پیامدهای فعالیت‌های انسانی هستند. کشت شیمیایی کشاورزی، کشاورزی تک کشت و تغییر در حاصلخیزی و زهکشی خاک همگی از عوامل تخریب زمین هستند. فعالیت‌های انسانی بسیار پیچیده بوده و نه تنها خطر خشکسالی را افزایش می‌دهند بلکه پیش‌بینی وقوع و شدت آن را نیز دشوارتر می‌کنند (Wijitkosum and Sriburi, 2019). ایران کشوری پهناور است که به‌دلیل موقعیت خاص و ویژگی‌های توپوگرافی، آب و هوای متفاوتی دارد. علاوه بر کمبود بارندگی، نوسانات شدید بارندگی در مقیاس روزانه، فصلی و سالانه از جمله ویژگی‌هایی است که باعث عدم اطمینان کافی در دریافت حداقل بارندگی مورد نیاز برای مصارف کشاورزی، تغذیه‌ی جریان‌های سطحی و زیرزمینی و مصارف انسانی می‌شود. با توجه به وجود نوسانات منفی شدید بارندگی در مناطق مختلف کشور، وقوع این خشکسالی‌ها اثرات بسیار زیانباری را بر بخش کشاورزی و اقتصادی کشور تحمیل می‌کند. به‌طور کلی باید گفت که وقوع خشکسالی یکی از ویژگی‌های اصلی اقلیم ایران است که هم در اقلیم مرطوب و هم در اقلیم خشک قابل مشاهده است. این حالت در نتیجه نوسانات شدید آب و هوا در مقیاس‌های زمانی مختلف به‌دست می‌آید. ویژگی‌های خشکسالی در ایران نشان می‌دهد که به‌طور کلی هیچ منطقه‌ای از کشور از این پدیده در امان نیست و متناسب با وضعیت طبیعی خود آثار این پدیده مخرب را تجربه می‌کند. اما نواحی جنوبی، شرقی و مرکزی کشور بیشتر در معرض این پدیده

به‌طور مستقیم مدیریت خشکسالی را تبیین می‌کنند (Shafeie et al., 2019). افزایش مصرف آب در بخش کشاورزی، صنعتی و خانگی، عدم آگاهی در مورد کمبود آب، نگرش غارتگرانه به منابع، تأکید بر حق مصرف آزاد و بی‌محدود منابع طبیعی، اختلافات قومی و سیاسی، رشد جمعیت، تغییر الگوی مصرف، نابرابری در توزیع آب، استفاده بی‌رویه از منابع آبی از مهمترین عوامل انسانی و محرک‌های خشکسالی محسوب می‌شوند (Harris et al., 2017).

تغییر اقلیم یک نیروی محرکه اصلی است که بر چرخه هیدرولوژیکی تأثیرگذار است و منجر به افزایش مخاطرات طبیعی می‌شود. در میان این مخاطرات طبیعی، خشکسالی یکی از مخرب‌ترین‌هاست و با توجه به تغییرات اقلیمی پیچیده‌تر می‌شود. جهان زیب و همکاران (Jehanzaib et al., 2020) به مطالعه احتمال انتشار خشکسالی هواشناسی به خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده از یک مدل گرافیکی احتمالی در سراسر کره جنوبی پرداختند. در این مطالعه هواشناسی که منجر به حالت‌های مختلف خشکسالی هیدرولوژیکی می‌شود، تحت سناریوهای تغییر اقلیم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آن‌ها حاکی از افزایش قابل توجه احتمال انتشار خشکسالی هواشناسی به خشکسالی هیدرولوژیکی تحت تغییرات آب و هوایی بود. دما نقش مهمی در تعریف خشکسالی در فصول خشک و گرم ایفا می‌کند و تجزیه و تحلیل الگوهای گردش جوی نشان می‌دهد که معمولاً تغییرات بزرگ مقیاس در سرعت باد، دمای هوا، رطوبت نسبی و ناهنجاری‌های ارتفاع ژئوپتانسیل می‌توانند محرک‌های احتمالی خشکسالی در منطقه باشند (Ul-Shiravand and Bayat, 2022). شیراوند و بیات (2023) نیز به ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی در ایران براساس منطق فازی و تحلیل سلسله مراتبی و فرآیند میانگین وزنی پرداختند. بررسی اقشار آسیب‌پذیر از نظر ظرفیت سازگاری نشان داد که مناطق شمالی کشور از بالاترین ظرفیت سازگاری برخوردار هستند. کمترین میزان سازگاری مربوط به شهرهای واقع در جنوب استان کرمان، غرب استان خراسان رضوی و استان

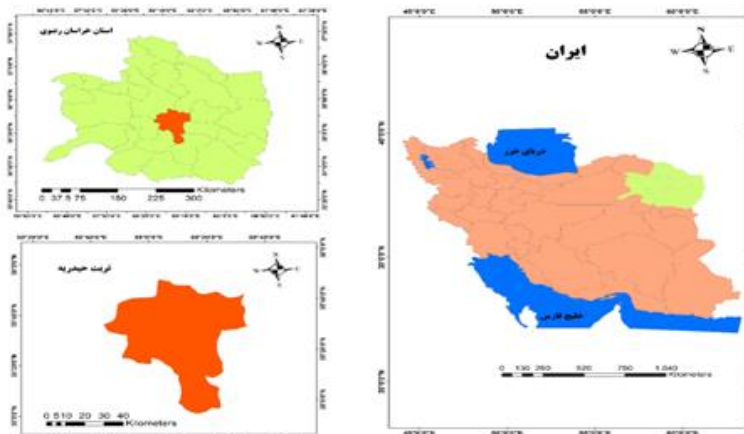
قرار گرفته و به دلیل وجود نوسانات زیاد در مقادیر بارندگی آسیب‌پذیرتر می‌باشند (Arboni et al., 2022). پیش‌بینی‌های پژوهشگران از داده‌های آب و هوایی مناطق مختلف ایران نشانگر افزایش شدت و گسترش خشکسالی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران است (KhakiFirouz et al., 2022). سابقه‌ی مطالعات موجود نشان می‌دهد که در اغلب سال‌ها، پدیده‌ی خشکسالی برخی نقاط و یا حتی کل کشور را در بر گرفته است. در سال‌های گذشته بسیاری از مناطق کشور خشکسالی‌های شدید و استثنایی را تجربه کرده که از نظر شدت و وسعت دارای اهمیت بسیاری بوده‌اند. از این‌رو بررسی عوامل مؤثر بر خشکسالی یکی از نیازهای اساسی جوامع، مدیران و برنامه‌ریزان ملی و منطقه‌ای می‌باشد. به‌طور مثال استان خوزستان در سال ۱۳۸۹ شدیدترین خشکسالی اقلیمی را در یکصد سال گذشته تجربه کرده که مهمترین دلایل آن نیز ساخت سدهای بیشتر، افزایش پروژه‌های شیرین کردن آب و انجام حفاری‌ها است (Zalaghi et al., 2013). براساس نتایج حاصل از پایش خشکسالی در استان خراسان رضوی مشخص گردید که در سال ۱۳۸۶ خشکسالی نسبتاً شدید در استان حاکم بوده است. همچنین با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های ترکیبی پارامترهای بارش، درصد رطوبت نسبی، متوسط حداقل دما و متوسط سرعت باد در ارتفاع ۲ متری، مهمترین عوامل اقلیمی مؤثر بر خشکسالی این استان می‌باشند (Zalaghi et al., 2013). از طرفی با بررسی‌های انجام گرفته مشخص گردید که عوامل انسانی (افزایش جمعیت و توسعه‌ی صنایع تبدیلی، عدم رعایت حقالله‌ی دریاچه، برداشت بیش از حد مجاز از آب‌های زیرزمینی و...) با سهمی حدود ۳۰ درصد به‌همراه عوامل طبیعی (کاهش نزولات آسمانی و ورودی آب به رودخانه، افزایش دما و تبخیر و...) با سهمی حدود ۷۰ درصد دست به دست هم داده و دریاچه ارومیه را در بحرانی‌ترین شرایط زیست‌محیطی خود قرار داده‌اند (Ataee, 2013). نتایج حاصل از تحلیل عوامل مؤثر بر مدیریت خشکسالی در مناطق روستایی نیز نشان می‌دهد که ابعاد اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی، و نهادی زیربنایی

در منطقه‌ای با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک واقع شده است. در این شهرستان، کشاورزی یکی از حوزه‌های اصلی اشتغال مردم است و خشکسالی می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر رونق اقتصادی این منطقه داشته باشد. شهرستان تربت‌حیدریه به دلیل وابستگی به کشاورزی، صنایع تبدیلی و تجارت آب و خوراک دام، قابلیت کمتری نسبت به تحمل خشکسالی در مقایسه با سایر شهرهای ایران دارد. بنابراین، بررسی عوامل مؤثر بر خشکسالی در این منطقه می‌تواند به تشخیص راهکارهایی برای تنوع اقتصادی و پایداری منطقه کمک کند. براساس دیدگاه کارشناسان، با وجود توانمندی تربت‌حیدریه در حوزه‌ی کشاورزی، کم‌توجهی به عرصه‌ی منابع طبیعی شهرستان باعث فرسایش خاک این خطه شده است که می‌تواند به تغییر اقلیم نیز منجر شود و البته برخی نشانه‌های آن مشهود و ملموس است. عمده منابع طبیعی تربت‌حیدریه به جنگل، مرتع و بیابان اختصاص دارد که متأسفانه بر اثر دست‌درازی انسان و شرایط اقلیمی و کم‌توجهی صورت گرفته طی ادوار گذشته روز به روز عرصه‌های جنگلی و مرتعی آن فقیرتر می‌شود. طی ۱۵ تا ۲۰ سال اخیر برخی مراتع تربت‌حیدریه بر اثر دست‌اندازی انسان توأم با خشکسالی به بیابان تبدیل شده و از دیگر سو کانون‌های فرسایش بادی به تخریب خاک به‌خصوص در دشت‌های جنوب تربت‌حیدریه و مه‌ولات منجر شده است. با بررسی ادبیات خشکسالی مشخص می‌شود که بسیاری از تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده به‌صورت پراکنده به بررسی عوامل مؤثر بر خشکسالی پرداخته‌اند (Mansuri Moghadam et al., 2000; Maryanaji, 2021; Mozafari et al., 2017; Kiani Salmi and Amini Faskhoodi, 2018; Kavakebi et al., 2015; Tajri et al., 2015). از طرفی مطالعات نسبتاً کمی در مورد عوامل مؤثر بر خشکسالی به‌ویژه در شهرستان تربت‌حیدریه وجود دارد که بیانگر یک شکاف تحقیقاتی است. بنابراین تحقیق حاضر با دیدگاه جامع‌تر در پی پر کردن این شکاف می‌باشد. در میان مطالعاتی که به عوامل مؤثر بر خشکسالی می‌پردازند، بسیاری بر روی موضوعات سیاستی مبتنی بر رویکردهای توصیفی یا کیفی

ایلام است. همچنین شهرهای استان‌های سیستان و بلوچستان و جنوب کرمان از نظر مؤلفه حساسیت در رده‌ی بسیار آسیب‌پذیر قرار دارند. خطر خشکسالی در مناطق غربی و شرقی کشور متوسط و زیاد است و تنها مناطق مرکزی و کویری کشور و بخش‌هایی از مناطق شمال غرب کشور از آسیب‌پذیری و ریسک کمتری نسبت به سایر نقاط کشور برخوردار هستند. همچنین عوامل مؤثر بر حساسیت تخریب زمین و بیابان‌زایی در یک حوضه‌ی آبخیز مستعد خشکسالی در تایلند توسط وجیکوسم و همکاران (Wijitkosum et al., 2019) انجام شد. در این تحقیق از ۵ عامل خطر شامل عوامل اقلیمی، خاک، جغرافیایی، کاربری اراضی و پوشش گیاهی و عوامل منابع آب همراه با ۱۵ عامل فرعی برای تجزیه و تحلیل حساسیت به تخریب زمین استفاده گردید. این تحقیق نشان داد که عوامل کلیدی تخریب اراضی و بیابان‌زایی در حوضه‌ی آبخیز به‌ترتیب مربوط به عوامل خاک و پس از آن عوامل اقلیمی، جغرافیایی، منابع آب و بهره‌برداری از اراضی و پوشش گیاهی است. کوی و همکاران (Cui et al., 2021) در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر رویداد خشکسالی براساس داده‌های GRACE تحت شرایط مختلف آب‌وهوایی در چین دریافتند که بارش و تبخیر و تعرق از عوامل اصلی بروز خشکسالی هستند و در شرایط آب‌وهوایی مختلف نقش‌های متفاوتی را ایفا می‌کنند. حسینی و همکاران (Hosseini-Moghari et al., 2017) رویکرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی در مدیریت خشکسالی در حوضه‌ی آبریز گرگانرود را مورد بررسی قرار دادند. این پژوهش با معیارهای کیفی، ذهنیت، عدم قطعیت و ترکیب قضاوت‌های گروهی همراه بود. با این حال، FAHP به عنوان یک ابزار عملی برای تصمیم‌گیری عمل کرد.

ایران از جمله کشورهای خشک دنیاست که در معرض خشکسالی‌های شدید قرار دارد. خشکسالی می‌تواند تأثیرات منفی بر محیط زیست مناطق مختلف داشته باشد. کاهش منابع آبی و تغییر الگوهای بارش می‌تواند منجر به کاهش تأمین آب سطحی و زیرزمینی شود و در نتیجه، منابع طبیعی و گیاهان محلی را تهدید نماید. شهرستان تربت‌حیدریه در استان خراسان رضوی و

درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی، در ارتفاع ۱۳۳۳ متری از سطح دریا واقع شده است. این شهر، یکی از شهرهای استان خراسان رضوی است که در فاصله ۱۴۱ کیلومتری جنوب مشهد قرار دارد (شکل ۱). از میان ۲۸ شهر استان خراسان رضوی، تربت‌حیدریه یکی از بحرانی‌ترین شهرهای استان در زمینه کم‌آبی محسوب می‌شود. بیش از ۹۰ درصد از منابع آبی تربت‌حیدریه در بخش کشاورزی و مابقی در بخش صنعت و مصارف خانگی استفاده می‌شود. کاهش بارندگی، خشکسالی و کشت محصولات آبی که به آب فراوان نیاز دارند همچون چغندر، هندوانه، خربزه، پنبه و همچنین حفر بیش از حد چاه آب از دلایل بحرانی شدن دشت‌های تربت‌حیدریه هستند. استمرار خشکسالی با تسریع در مهاجرت کشاورزان و دامداران، تأثیر منفی خشکسالی را بر اقتصاد روستاهای تربت‌حیدریه مضاعف کرده است. همچنین در این مناطق سطح زمین به دلیل کم‌آبی دچار فرسایش و برهنگی شده و نه تنها باران را جذب نمی‌کند بلکه باعث تبدیل بارندگی به سیلاب و تخریب بیشتر منابع طبیعی می‌گردد. بنا بر دلایل ذکر شده، در این پژوهش عوامل مؤثر بر خشکسالی در این شهرستان مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته‌اند.



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی شهرستان تربت‌حیدریه

Fig 1. Geographical location map of Torbat Heydarieh city

فرضیه‌ها، توصیفی-پیمایشی است. تحقیق توصیفی شامل مجموعه روش‌هایی است که هدف آن‌ها توصیف شرایط یا پدیده‌های مورد بررسی است؛ اما تحقیق توصیفی نیز می‌تواند برای شناخت بیشتر شرایط موجود یا یاری‌دادن به فرآیند تصمیم‌گیری استفاده

متمركز شده‌اند. درحالی‌که این تحقیق همراه با چالش فوق، به‌طور انتقادی به نیاز به توسعه‌ی یک رویکرد تحلیل کمی و کارآمد به‌منظور اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر خشکسالی شهرستان تربت‌حیدریه اشاره می‌کند. همچنین با توجه به اینکه تاکنون به‌طور جامع عوامل مؤثر بر خشکسالی مورد بررسی قرار نگرفته است؛ انجام این تحقیق با بررسی جامع عوامل تأثیرگذار بر خشکسالی و با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی می‌تواند پیشنهادات مفید و مؤثری جهت کاهش اثرات خشکسالی ارائه دهد. در واقع ارزیابی و شناسایی عوامل مؤثر بر خشکسالی در این شهرستان برای آماده‌سازی، تدوین و انجام اقدامات کاهش‌ی و جلوگیری از مشکلات آینده ضروری به‌نظر می‌رسد. لذا با توجه به مطالب اظهار شده هدف اصلی این تحقیق شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر خشکسالی در شهرستان تربت‌حیدریه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه:

این تحقیق در شهرستان تربت‌حیدریه انجام شده است. شهر تربت‌حیدریه مرکز شهرستان تربت‌حیدریه در ۵۳ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۵

این تحقیق از نظر هدف کاربردی است چرا که هدف تحقیقات کاربردی توسعه‌ی دانش کاربردی در زمینه‌ای خاص است. یا به‌عبارت دیگر تحقیقات کاربردی به سمت کاربرد عملی دانش هدایت می‌شوند. پژوهش حاضر از نظر روش جمع‌آوری داده‌ها برای آزمون

جهت سنجش روایی پرسشنامه، از معتبرترین روش موجود برای این کار یعنی انجام مصاحبه و استعلام نظرات اساتید و خبرگان و اعمال اصلاحات احتمالی آن‌ها و برای تعیین پایایی پرسشنامه نیز از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد. پارامتر آلفای کرونباخ برای مقیاس پرسشنامه در این تحقیق ۰/۸۹ به دست آمد که بیانگر پایایی مناسب ابزار تحقیق می‌باشد. در واقع این تحقیق در دو بخش انجام شد؛ در بخش اول تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به پرسشنامه و شناسایی عوامل اصلی و فرعی مؤثر بر خشکسالی شهرستان تربت‌حیدریه با استفاده از نرم افزار SPSS و Excel انجام و مؤلفه‌ها و شاخص‌های معنادار استخراج شد. در بخش دوم نیز با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و نرم افزار EXPERT Choice مؤلفه‌ها و شاخص‌های انتخاب‌شده رتبه‌بندی گردید.

شود. پیمایشی بودن آن نیز از این جهت است که پژوهشگر به طریق میدانی به مطالعه نمونه می‌پردازد. برای جمع‌آوری اطلاعات میدانی از ابزار پرسشنامه استفاده شد. پرسشنامه‌ی اول با هدف شناسایی عوامل اصلی و فرعی در قالب طیف ۵ تایی لیکرت و پرسشنامه‌ی دوم با هدف تعیین وزن و الویت‌بندی این عوامل براساس مقایسات زوجی طراحی گردید. اما جامعه‌ی آماری این تحقیق خبرگان در این زمینه و کارشناسان جهاد کشاورزی در شهر تربت‌حیدریه با بیش از ۱۰ سال سابقه کاری به تعداد ۲۵ نفر بودند که با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند ۱۵ نفر از خبرگان شناسایی شدند و پرسشنامه‌ی نهایی را تکمیل نمودند. در این تحقیق مطابق با مطالعات گذشته مهمترین عوامل مؤثر بر خشکسالی شناسایی و در قالب ۵ عامل اصلی دسته‌بندی و عوامل فرعی نیز متعاقباً در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. مؤلفه‌ها و شاخص‌های شناسایی شده‌ی مؤثر بر خشکسالی

Table 1. Identified components and indicators affecting drought

منابع (Reference)	زیرشاخص‌ها (sub-indices)	شاخص اصلی (Main indicator)
Mozafari et al., (2017); Mansuri Moghadam, et al., (2000); Babaei et al., (2022); Zalaghi et al., (2013); Tajri et al., (2015); Staal et al., (2020); Mukherjee et al., (2018); Ataee (2013)	بهره‌برداری بیش از حد از منابع آبی، افزایش سدها و چاه‌های غیرمجاز، کشت‌های نامناسب کشاورزی و پرمصرف، مدیریت ضعیف (Excessive use of water resources, Increase of illegal dams and wells, Inappropriate and high consumption crops, weak management)	عوامل انسانی (Human Factors)
Mozafari et al., (2017); Kavakebi, et al., (2015); Babaei et al., (2022); KhakiFirouz et al., (2022); Tajri et al., (2015); Staal et al., (2020); Ullah et al., (2022); Wijitkosum and Sriburi (2019); Wijitkosum., et al., (2021); Heydari Alamdarloo et al., (2021); Apurv et al., (2017)	کاهش بارش، افزایش دما، کاهش کیفیت خاک، تغییرات فصلی و زمان بارش (Decrease in precipitation, Increase temperature, Reduction of soil quality, Seasonal changes and rainfall time)	عوامل اقلیمی (طبیعی) (Climatic factors)
Maryanaji et al., (2021); Wijitkosum., et al., (2021); Heydari Alamdarloo et al., (2021)	طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، توپوگرافی، منابع آب زیرزمینی (Longitude, latitude, Elevation and topography, Groundwater sources)	عوامل جغرافیایی (Geographic factors)
Harris et al., (2017); KhakiFirouz., et al., (2022)	افزایش مصرف آب، عدم آگاهی در مورد کمبود آب، نگرش غارتگرانه به منابع، تأکید بر حق مصرف آزاد و بی‌محدود منابع طبیعی (Increase in water consumption, Lack of knowledge about water scarcity, Predatory attitude to resources, Emphasis on the free and unlimited consumption of natural resources)	عوامل فرهنگی (Cultural factors)
Harris et al., (2017); Shafeie., et al., (2019)	رشد جمعیت، تغییر الگوی مصرف و استفاده بی‌رویه از منابع آبی، نابرابری در توزیع آب (Population growth, Changing the pattern of consumption and excessive use of water resources, Inequality in the distribution of water)	عوامل اجتماعی (Social factors)

$\{k_n, \dots\}$ مجموعه هدف به صورت $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ تعریف گردند، بر طبق روش تحلیلی چانگ هر موضوع برای هر هدف به ترتیبی که انجام می‌شود مورد تحلیل قرار می‌گیرد. بنابراین تحلیل M، برای هر هدف ارزش‌گذاری شده که از طریق رابطه (۱) بدست آمده است:

$$M_{ki}^1, M_{ki}^2, M_{ki}^3, \dots, M_{ki}^m, i=1,2,3,\dots,n \quad (1)$$

که در آن $k = (m, \dots, 1, 2, 3)$ همان اعداد فازی مثلثی^۲ بوده که پارامترهای آن l, m و u به ترتیب عبارت بودند از کم احتمال‌ترین ارزش، محتمل‌ترین ارزش و بیشترین ارزش ممکن. یک عدد فازی مثلثی به صورت (l, m, u) نشان داده شده است.

در تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی پس از ترسیم درخت سلسله مراتب تصمیم، باید به مقایسه‌ی زوجی عناصر هر سطح مدل پرداخت. در مرحله‌ی انجام محاسبات، با استفاده از تعاریف و مفاهیم تحلیل سلسله مراتبی فازی، ضرایب هر یک از ماتریس‌های مقایسات زوجی محاسبه می‌شود (Azar and Fara-ji, 2016). ترسیم درخت سلسله مراتبی را می‌توان ساختار سلسله مراتب تصمیم دانست که با استفاده از سطوح هدف، معیار و گزینه ترسیم می‌گردد. بنابراین از ارزش S_k که یک عدد فازی مثلثی است؛ به منظور تعیین هر یک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی استفاده می‌شود. بخش‌های رابطه (۲) از روابط (۳)، (۴) و (۵) محاسبه می‌شوند (Momeni and Sharifisalim, 2015).

$$S_k = \sum_{j=1}^n M_{gk}^j \otimes [\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij}]^{-1} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m M_{ij} = \left(\sum_{i=1}^m l_i \cdot \sum_{i=1}^m m_i \cdot \sum_{i=1}^m u_i \right) \quad i=1,2,\dots,m \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} = \left(\sum_{i=1}^m l_i \cdot \sum_{i=1}^m m_i \cdot \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (4)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ki}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i} \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^m m_i} \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^m l_i} \right) \quad (5)$$

پس از محاسبه همه S_k ها با استفاده از رابطه (۶)، درجه‌ی بزرگی هر یک از عناصر سطوح، نسبت به سایر عناصر آن سطح، به صورت جداگانه محاسبه می‌گردد.

2.1- Triangular fuzzy number (TFN)

تحلیل سلسله مراتب فازی (FAHP)

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند منظوره است (Liu et al., 2020). این روش در هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبرو است می‌تواند استفاده گردد. معیارهای مطرح شده می‌توانند کمی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است. تصمیم‌گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله مراتب تصمیم، آغاز می‌کند. درخت سلسله مراتب تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. سپس یک سری مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسات وزن هر یک از فاکتورها را در راستای گزینه‌های رقیب مشخص می‌سازد. در نهایت منطق AHP به گونه‌ای ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با همدیگر تلفیق می‌سازد که تصمیم بهینه حاصل آید (Momeni and Sharifisalim, 2015). هم اکنون کاربرد AHP بیشتر در تصمیم‌گیری سیستم‌های اقتصادی-اجتماعی از تخصیص منابع، ارزیابی عملکرد، تعیین توالی کار و سایر موارد می‌باشد.

روش AHP بطور گسترده در انتخاب یک گزینه از بین سایر گزینه‌ها استفاده شده است، اما در AHP کلاسیک، مقایسات زوجی برای هر سطح با توجه به هدف انتخاب بهترین گزینه با استفاده از مقیاس نه‌تایی انجام می‌شود؛ بنابراین AHP متعارف و کلاسیک، در دستیابی دقیق نیازمندی‌های تصمیم‌گیران، ناکافی و ناکارآمد به نظر می‌رسد. به‌منظور مدل‌سازی این نوع از عدم اطمینان‌ها در ترجیحات افراد بشر، ثنوری مجموعه‌های فازی باید با مقایسات زوجی به‌عنوان توسعه‌ای از تکنیک AHP ترکیب شود. این تکنیک تصمیم‌گیری ترکیبی درک دقیق‌تری از فرآیند تصمیم‌گیری ارائه داده است (Momeni and Sharifisalim, 2015).

در این قسمت تحلیل سلسله مراتبی فازی که در ابتدا توسط چانگ (Chang 1996)، معرفی شد، مورد بررسی قرار گرفته است. اگر مجموعه موضوعات به صورت

1.1- Fuzzy Analytic Hierarchy Process

همان‌طور که در جدول (۲) ملاحظه می‌شود شاخص «عوامل انسانی» در بین شاخص‌های اصلی دارای وزن ۳۶/۴ درصد است. وزن زیرشاخص‌های این شاخص اصلی به ترتیب اولویت به صورت «بهره‌برداری بیش از حد از منابع آبی» با وزن ۶۰/۳ درصد، «افزایش سدها و چاه‌های غیرمجاز» با وزن ۱۷/۶ درصد، «کشت‌های نامناسب کشاورزی و پرمصرف» با وزن ۱۴/۹ درصد و «مدیریت ضعیف» با وزن ۷/۲ درصد می‌باشد. با توجه به نتایج موجود، زیرشاخص‌های «بهره‌برداری بیش از حد از منابع آبی»، «افزایش سدها و چاه‌های غیرمجاز» و «کشت‌های پرمصرف و نامناسب کشاورزی» تأثیر بسزایی در بروز پدیده‌ی خشکسالی در شهرستان تربت‌حیدریه دارند. همچنین بابایی و همکاران (Babae et al., 2022) در شناسایی عوامل مؤثر بر خشک شدن آب دریاچه ارومیه دریافتند که افزایش سدها بدون برنامه، حفرچاه‌های غیرمجاز، وجود کشت‌های نامناسب کشاورزی و پرمصرف، شیوه‌های سنتی آبیاری، افزایش مصرف آب در بخش کشاورزی، صنعتی و خانگی، برداشت‌های غیرمجاز از آب‌های سطحی از مهمترین عوامل انسانی مؤثر بر خشک شدن این دریاچه می‌باشند.

بعد «عوامل اجتماعی» در بین شاخص‌های اصلی دارای وزن ۲۰/۸ درصد است. وزن زیرشاخص‌های این شاخص به ترتیب اولویت به صورت «رشد جمعیت» با وزن ۷۳/۱ درصد، «تغییر الگوی مصرف و استفاده بی‌رویه از منابع آبی» با وزن ۱۸/۸ درصد و «تابرایی در توزیع آب» با وزن ۸/۱ درصد می‌باشد. به‌طور کلی شاخص «عوامل اجتماعی» از نظر درجه‌ی اهمیت در ایجاد پدیده خشکسالی در شهرستان تربت‌حیدریه، بعد از شاخص‌های «عوامل انسانی» و «عوامل فرهنگی» جای می‌گیرد و در بین زیرشاخص‌های این شاخص، «رشد جمعیت» بیشترین تأثیر را در ایجاد خشکسالی دارد. کیانی سلمی و امینی فسخودی (Kiani Salmi and Amini Faskhoodi, 2018) در مطالعه‌ی متفاوت به تبیین عوامل اجتماعی خشکسالی و شناسایی آثار آن بر جوامع روستایی پرداختند. نتایج آن‌ها مبین آن است که تفاوت معناداری از حیث میزان آثار اجتماعی خشکسالی میان دهستان‌های مختلف وجود دارد.

$$\begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 & \text{if } m_1 \geq m_2 \\ V(M_1 \geq M_2) = 0 & \text{if } l_2 \geq u_1 \\ V(M_1 \geq M_2) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (۶)$$

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر از رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$V(M_1 \geq M_2, \dots, M_k) = V(M_1 \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } V(M_1 \geq M_k) \quad (۷)$$

برای محاسبه وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسات زوجی از رابطه (۸) استفاده می‌شود.

$$w'(x_i) = \min\{V(S_i \geq S_k)\} \quad k=1,2,\dots,n \quad k \neq i \quad (۸)$$

بردار وزن شاخص‌ها به صورت رابطه (۹) خواهد بود که همان بردار ضرایب غیربهنجار تحلیل سلسله مراتبی فازی است.

$$W' = [W'(x_1) \cdot W'(x_2) \cdot \dots \cdot W'(x_n)] \quad (۹)$$

نتایج و بحث

در پژوهش حاضر پرسشنامه‌ی مقایسات زوجی ابعاد اصلی «عوامل مؤثر بر خشکسالی» و مقایسات زوجی زیرشاخص‌های هر بعد بین ۲۵ نفر از خبرگان که در این زمینه سابقه داشتند، توزیع گردید و در نهایت ۱۵ پرسشنامه تکمیل شده برگشت داده شد. سپس از تلفیق ۱۵ پرسشنامه به دست آمده و تجمیع آرا خبرگان، پرسشنامه تلفیقی به دست آمد. در نهایت ماتریس‌های مقایسات زوجی نهایی با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در نرم‌افزار اکسل فرمول نویسی شد. وزن‌دهی نهایی هر شاخص با ضرب وزن به دست آمده برای آن شاخص در زیرگروه خود، در وزن بعد اصلی مربوطه محاسبه شد. برای تعیین سازگاری و ناسازگاری نظرات خبرگان، نرخ ناسازگاری هر یک از جداول مقایسات زوجی محاسبه گردید.

براساس نتایج به دست آمده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، اولویت‌بندی ابعاد اصلی از بیشترین به کمترین به ترتیب به صورت «عوامل انسانی»، «عوامل فرهنگی»، «عوامل اجتماعی»، «عوامل اقلیمی» و «عوامل جغرافیایی» می‌باشد. همچنین براساس نتایج حاصل از این روش، رتبه‌بندی زیرشاخص‌های هر شاخص اصلی نیز به دست آمده که در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲. وزن و رتبه شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مدل «عوامل مؤثر بر خشکسالی» در شهرستان تربت حیدریه

Table 2. Weight and grade of indicators and sub-indices of the model "Factors Affecting Drought" in Torbat Heydarieh

شاخص اصلی (Main indicator)	وزن شاخص اصلی (%) (Weight main indicator)	رتبه شاخص اصلی (Grade main indicator)	زیرشاخص (sub-indices)	وزن زیرشاخص (%) (Weight sub-indices)	رتبه زیرشاخص (Grade sub-indices)	وزن کلی (%) (total weight)	رتبه نهایی (Final grade)
عوامل انسانی (Human Factors)	36.4	1	مدیریت ضعیف (weak management)	7.2	4	2.62	11
			افزایش سدها و چاه‌های غیرمجاز (Increase of illegal dams and wells)	17.6	2	6.41	6
			کشت‌های نامناسب و پرمصرف (Inappropriate and high consumption crops)	14.9	3	5.42	7
			بهره‌برداری بیش از حد از منابع آبی (Excessive use of water resources)	60.3	1	21.95	1
			نابرابری در توزیع آب (Inequality in the distribution of water)	8.1	3	1.68	13
عوامل اجتماعی (Social factors)	20.8	3	رشد جمعیت (Population growth)	73.1	1	15.20	2
			تغییر الگوی مصرف و استفاده بی‌رویه از منابع آبی (Changing the pattern of consumption and excessive use of water resources)	18.8	2	3.91	8
			طول جغرافیایی (Longitude)	9.2	4	0.28	19
			عرض جغرافیایی (latitude)	9.9	3	0.31	18
عوامل جغرافیایی (Geographic factors)	3.1	5	ارتفاع از سطح دریا و توپوگرافی (Elevation and topography)	38.3	2	1.19	17
			منابع آب زیرزمینی (Groundwater sources)	42.5	1	1.32	16
			افزایش مصرف آب (Increase in water consumption)	7.2	4	1.59	14
			نگرش غارتگرانه به منابع (Predatory attitude to resources)	17.6	2	3.89	9
عوامل فرهنگی (Cultural factors)	22.1	2	تأکید بر حق مصرف آزاد و بی‌محدود منابع طبیعی (Emphasis on the free and unlimited consumption of natural resources)	14.9	3	3.29	10
			عدم آگاهی در مورد کمبود آب (Lack of knowledge about water scarcity)	60.3	1	13.33	3

ادامه جدول ۲. وزن و رتبه شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مدل «عوامل مؤثر بر خشکسالی» در شهرستان تربت‌حیدریه
 Table 2 continues. Weight and grade of indicators and sub-indices of the model "Factors Affecting Drought" in Torbat Heydarieh

شاخص اصلی (Main indicator)	وزن شاخص اصلی (%) (Weight main indicator)	رتبه شاخص اصلی (Grade main indicator)	زیرشاخص (sub-indices)	وزن زیرشاخص (%) (Weight sub-indices)	رتبه زیرشاخص (Grade sub-indices)	وزن کلی (%) (total weight)	رتبه نهایی (Final grade)
عوامل طبیعی (اقلیمی) (Climatic factors)	17.6	4	کاهش باران (Decrease in precipitation)	42.3	1	7.44	4
			افزایش دما (Increase temperature)	39.1	2	6.88	5
			کاهش کیفیت خاک (Reduction of soil quality)	8.3	4	1.46	15
			تغییرات فصلی و زمان بارش (Seasonal changes and rainfall time)	10.2	3	1.79	12

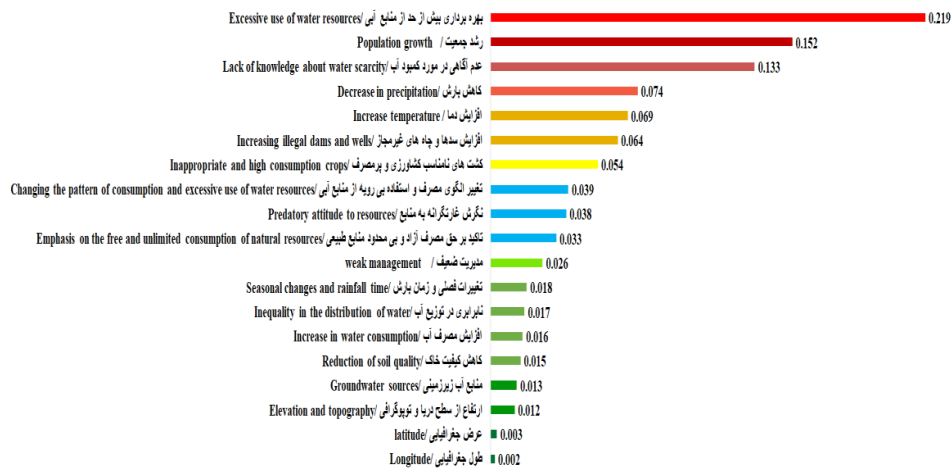
جامعه دارد؛ از این‌رو لازم است در سیاست‌گذاری‌های اصلاح الگوی مصرف در جامعه، به مقوله‌های اجتماعی و فرهنگی، توجه ویژه‌ای شود.

بعد «عوامل اقلیمی» وزن ۱۷/۶ درصد به خود اختصاص داد و وزن زیرشاخص‌های آن به‌ترتیب اولویت به‌صورت «کاهش بارش» با وزن ۴۲/۳ درصد، «افزایش دما» با وزن ۳۹/۱ درصد، «تغییرات فصلی و زمان بارش» با وزن ۱۰/۲ درصد و «کاهش کیفیت خاک» با وزن ۸/۳ درصد می‌باشد. هر چند کاهش بارش و افزایش دما سبب بروز خشکسالی در این منطقه شده، اما نقش عوامل دیگر در این رویداد پررنگ‌تر می‌باشد. نتایج حاکی از آن است که نقش عوامل انسانی در بروز خشکسالی به‌مراتب بیشتر از عوامل اقلیمی است. مظفری و همکاران (Mozafari et al., 2017) نیز در مطالعات خود به نتایج مشابه دست یافتند.

در نهایت اولویت‌بندی همه‌ی زیرشاخص‌ها براساس وزن آن‌ها در هر شاخص اصلی و همچنین با در نظر گرفتن وزن شاخص اصلی، به‌صورت «بهربرداری بیش از حد از منابع آبی»، «رشد جمعیت»، «عدم آگاهی در مورد کمبود آب»، «کاهش بارش»، «افزایش دما»، «افزایش سدها و چاه‌های غیرمجاز»، «کشت‌های نامناسب و پرمصرف»، «تغییر الگوی مصرف و استفاده‌ی بی‌رویه از منابع آبی»، «نگرش غارتگرانه به منابع»، «تأکید بر

همچنین در شاخص «عوامل جغرافیایی» که دارای وزن ۳/۱ درصد است؛ وزن زیرشاخص‌های این شاخص اصلی به‌ترتیب اولویت به‌صورت «منابع آب زیرزمینی» با وزن ۴۲/۵ درصد، «ارتفاع از سطح دریا و توپوگرافی» با وزن ۳۸/۳ درصد، «عرض جغرافیایی» با وزن ۹/۹ درصد و «طول جغرافیایی» با وزن ۹/۲ درصد می‌باشد. در پژوهش حاضر، «عوامل جغرافیایی» کمترین میزان تأثیر بر رویداد خشکسالی در منطقه مورد مطالعه را داشتند. در بررسی اثرات عوامل جغرافیایی بر خشکسالی در شهرستان اسدآباد توسط مریانجی (Maryanaji, 2021) نیز مشخص شد که حدود ۱۶ درصد از تغییرات مکانی خشکسالی‌ها به‌وسیله سه متغیر مکانی طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا توجیه می‌شوند.

در ادامه، در شاخص اصلی «عوامل فرهنگی» که وزن ۲۲/۱ درصد را به خود اختصاص داده است؛ وزن زیرشاخص‌های این شاخص اصلی به‌ترتیب اولویت به‌صورت «عدم آگاهی در مورد کمبود آب» با وزن ۶۰/۳ درصد، «نگرش غارتگرانه به منابع» با وزن ۱۷/۶ درصد، «تأکید بر حق مصرف آزاد و بی‌محدود منابع طبیعی» با وزن ۱۴/۹ درصد و «افزایش مصرف آب» با وزن ۷/۲ درصد می‌باشد. با توجه به یافته‌های این مطالعه می‌توان گفت که مسائل اجتماعی و فرهنگی جامعه، نقش مهمی در ترسیم فرهنگ و الگوی مصرفی



شکل ۲. اولویت‌بندی و وزن نهایی متغیرهای مؤثر بر خشکسالی در شهرستان تربت‌حیدریه

Fig 2. Prioritization and final weight of variables affecting drought in Torbat Heydarieh city

«عوامل انسانی» با وزن ۰/۳۶۴ مهم‌ترین شاخص و «عوامل فرهنگی» با وزن ۰/۲۲۱ دومین شاخص مهم و مؤثر بر خشکسالی شهرستان تربت‌حیدریه می‌باشد. شاخص‌های «عوامل اجتماعی» با وزن ۰/۲۰۸، «عوامل اقلیمی» با وزن ۰/۱۷۶ و «عوامل جغرافیایی» با وزن ۰/۰۳۱ نیز در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

با توجه به رشد جمعیت، «بهره‌برداری بیش از حد از منابع آبی» و «همچنین عدم آگاهی لازم در مورد کمبود آب»، دو زیرشاخص مؤثر بر خشکسالی در این شهرستان هستند. «افزایش سدها و چاه‌های غیر مجاز» به‌عنوان یکی از زیرشاخص‌های شاخص «عوامل انسانی» و «کاهش بارش» و «افزایش دما» از زیرشاخص‌های شاخص «عوامل اقلیمی»، در اولویت‌های بعدی تأثیرگذاری بر خشکسالی در این منطقه می‌باشند. بنابراین اجرای طرح‌هایی برای جمع‌آوری و استفاده‌ی پایدار از منابع آب، افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی و صنعت، اعمال محدودیت‌های مصرف آب در بخش‌های مختلف و توزیع عادلانه‌ی این منابع می‌تواند به کاهش خشکسالی در شهرستان کمک کند.

براساس نتایج حاصل از تکنیک سلسله مراتبی فازی در این شهرستان، «عوامل اقلیمی» و «عوامل جغرافیایی» در مقایسه با «عوامل انسانی»، «عوامل فرهنگی» و «عوامل اجتماعی» از سهم کمتری در ایجاد خشکسالی برخوردار می‌باشند. تردیدی نیست که عوامل طبیعی چون کمبود یا عدم بارندگی و افزایش دما باعث

حق مصرف آزاد و بی‌محدود منابع طبیعی»، «مدیریت ضعیف»، «تغییرات فصلی و زمان بارش»، «نابرابری در توزیع آب»، «افزایش مصرف آب»، «کاهش کیفیت خاک»، «منابع آب زیرزمینی»، «ارتفاع از سطح دریا و توپوگرافی»، «عرض جغرافیایی» و «طول جغرافیایی» مشاهده شد (شکل ۲).

نتیجه‌گیری

هدف اصلی از انجام این تحقیق شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر خشکسالی با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی در شهرستان تربت‌حیدریه بود. شهرستان تربت‌حیدریه در استان خراسان رضوی و در منطقه‌ای با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد. در شهرستان تربت‌حیدریه، کشاورزی یکی از حوزه‌های اصلی اشتغال مردم است و خشکسالی می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر رونق اقتصادی این منطقه داشته باشد. شهرستان تربت‌حیدریه به‌دلیل وابستگی به کشاورزی، صنایع تبدیلی و تجارت آب و خوراک دام قابلیت تحمل خشکسالی کمتری نسبت به سایر شهرهای ایران دارد. بنابراین، بررسی عوامل مؤثر بر خشکسالی در این منطقه می‌تواند به تشخیص راهکارهایی برای تنوع اقتصادی و پایداری منطقه کمک نماید. با توجه به هدف اصلی، در این تحقیق تعداد ۱۹ عامل فرعی در قالب ۵ عامل اصلی مؤثر بر خشکسالی در شهرستان تربت‌حیدریه از نظر خبرگان شناسایی شد. نتایج تحلیل سلسله مراتبی فازی داده‌ها از نظر خبرگان نشان داد که شاخص

- Azar, A. & Faraji, H. (2016). *Fuzzy management science*, Mehraban nashr publishing, Tehran, Iran, [In Persian]. DOI:10.18869/acadpub.jemr.7.25.91
- Babae, M., Hosseini, Z. & Fijani, E. (2022). Assessing the role of meteorological and hydrological droughts on the drying up of the Bakhtegan and Tashk lakes, *Journal of Natural Environmental Hazards*, 11 (34), 79-100, [In Persian].
- Chang, D.Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, 95, 649-655. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(95\)00300-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00300-2)
- Cui, L., Zhang, Ch., Yao, Ch., Luo, Zh., Wang, X. & Li, Q. (2021). Analysis of the influencing factors of drought events based on GRACE data under different climatic conditions: A case study in Mainland China, *Water*, 13(18), 2575. <https://doi.org/10.3390/w13182575>
- Ebadi Nehari, Z., Erfanian, M. & Kazempour Choursi, S. (2023). A new method for evaluation and comprehensive drought Monitoring in the Urmia Lake Basin using a Synthesized Drought Index (SDI), *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 23 (68), 243-257, [In Persian]. DOI:10.52547/jgs.23.68.243
- Harris, L. M., Nelson, D. R., Finnegan, G. & Gerrard, A. (2017). Irrigation and culture: The impact of institutions on water management in the Canadian Prairie, *Water Alternatives*, 10(3), 397-417.
- Heydari Alamdarloo, E., Khosravi, H., Nasabpour, S. & Gholami, A. (2021). Assessment of drought hazard, vulnerability and risk in Iran using GIS techniques, *Journal of Arid Land*, 12, 984-1000. DOI:10.1007/s40333-020-0096-4
- Hosseini-Moghari, S.M., Araghinejad, S. & Azarnivand, A. (2017). Fuzzy analytic hierarchy process approach in drought management: case study of Gorganrood basin, Iran. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 66(3), 207-218. <http://dx.doi.org/10.2166/aqua.2017.099>
- Jehanzaib, M., Sattar, M.N., Lee, J.H. & Kim, T.W. (2020). Investigating effect of climate change on drought propagation from meteorological to hydrological drought using multi-model
- بروز خشکسالی می‌شوند. اما در بسیاری اوقات عوامل انسانی مانند فعالیت‌های نادرست کشاورزی، استفاده‌ی بی‌رویه از منابع، احداث سدها و چاه‌های غیرمجاز و ... در درازمدت موجب بروز خشکسالی گردیده که در تحقیق حاضر اثر عوامل انسانی در بروز پدیده‌ی خشکسالی به مراتب بیشتر از عوامل اقلیمی است. پس بایستی توجه داشت که حفظ و بهبود حوضه‌های آبخیز و منابع طبیعی مانند رودخانه‌ها، چشمه‌ها و آبگیرها، جلوگیری از نشت و هدررفت آب، احداث سدهای مهندسی‌ساخت و سازه‌های آبی به‌منظور حفظ آب و کاهش تبخیر و توسعه‌ی کشت بومی و سازگار با شرایط اقلیمی منطقه می‌تواند به حفظ تعادل آبی و کاهش اثر فعالیت‌های انسانی و جلوگیری از بروز و تشدید پدیده‌ی خشکسالی کمک نماید. در این پژوهش، «عدم آگاهی در مورد کمبود آب» نیز به‌عنوان یکی از زیرشاخص‌های مؤثر در بروز خشکسالی در شهرستان تریت حیدریه شناخته شد. بنابراین برگزاری دوره‌های آموزشی و کارگاه‌هایی در خصوص مدیریت بهینه و بهره‌برداری مناسب آب، بهبود فرهنگ مصرف آب در مصارف خانگی، کشاورزی و صنعتی و غیره می‌تواند به افزایش آگاهی و شناخت جامعه درباره خشکسالی و راهکارهای مقابله با آن، کمک شایان توجهی داشته باشد.

منابع

- Apurv, T., Sivapalan, M. & Cai, X. (2017). Understanding the role of climate characteristics in drought propagation, *Water Resources Research*, 53(11), 9304-9329. <https://doi.org/10.1002/2017WR021445>
- Arboni, Z., Mohammadi Yeghaneh, B., Einali, J., Farahani, H. & Cheraghi, M. (2022). Scenarios affecting the capacity building of villagers to reduce the effects of drought Case study: Zanjan townership, *Rural Development Strategies*, 9 (2), 259-276. [In Persian]. <https://doi.org/10.22048/rdsj.2022.289553.1950>
- Ataee, M. (2013). *Investigating the effective factors in the occurrence of drought in Lake Urmia in recent years*. The first national conference on environmental protection and planning, Hamedan, Iran, [In Persian].

- 4, 145-163.
- Razmkhah, H., Rostae, R., Rostami Ravari, A. & Fararoe, A.R. (2022). *Investigating the effectiveness of meteorological drought profiles in assessing drought in Fars province*. The 4th National Hydrology Conference, Shahrkord, Iran, [In Persian].
- Shafeie, B., Barghi, H. & Ghanbari, Y. (2019). Analysis of the Effective Factors on Drought Management in Rural Areas, from the Viewpoint of Households (Case Study: Eslamaban Gharb), *Physical Geography Research Quarterly*, 51 (3), 403-416, [In Persian]. DOI:10.22059/jphgr.2019.274830.1007334
- Shiravand, H. & Bayat, A. (2023). Vulnerability and drought risk assessment in Iran based on fuzzy logic and hierarchical analysis, *Theoretical and Applied Climatology*, 1-13. DOI:10.1007/s00704-022-04323-x
- Staal, A., Flores, B.M., Aguiar, A.P.D., Bosmans, J.H., Fetzer, I. & Tuinenburg, O.A. (2020). Feedback between drought and deforestation in the Amazon., *Environmental Research Letters*, 15(4), 044024. DOI:10.1088/1748-9326/ab738e
- Tajri, A.R., Babanejad, M., Kardel, F. & Soleymani, K. (2015). Inspection of factors that influence the hydrological drought (Case study: Lorestan watershed province), *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 5 (16), 151-164, [In Persian].
- Ullah, I., Ma, X., Yin, J., Saleem, F., Syed, S., Omer, A., ... & Arshad, M. (2022). Observed changes in seasonal drought characteristics and their possible potential drivers over Pakistan, *International journal of climatology*, 42(3), 1576-1596. DOI:10.1002/joc.7321
- Wijitkosum, S. & Sriburi, T. (2019). Fuzzy AHP integrated with GIS analyses for drought risk assessment: A case study from upper Phetchaburi River basin, Thailand, *Water*, 11(5), 939.
- Wijitkosum, S. (2021). Factor influencing land degradation sensitivity and desertification in a drought prone watershed in Thailand, *International Soil and Water Conservation Research*, 9(2), 217-228. DOI:10.1016/j.iswcr.2020.10.005
- ensemble projections. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 34, 7-21. <https://doi.org/10.1038/nclimate1633>
- Kavakebi, Gh., Mousavi Baygi, M., Mosaedi, A. & Jabari Noghabi, M. (2015). Determining of most Effective Factors on drought Using of Panel Data Analyse (Khorasan Razavi Province), *Journal of Water and Soil*, 28 (6), 1298-1310, [In Persian].
- KhakiFirouz, Z., Niknami, M., Keshavarz, M. & Sabouri, M.S. (2022). Factors affecting of farmers resilience to drought:the case of Sistan plain, *Iran Agricultural Extension and Education Journal*, 18 (1), 161-179, [In Persian].
- Kiani Salmi, S. & Amini Faskhoodi, A. (2018). Identifying the Social factors of drought and uncovering its effect, *Spatial Planning*, 7(4), 1-18, [In Persian]. DOI :10.22108/sppl.2017.81267.0
- Liu, Y., Eckert, C.M. & Earl, C. (2020). *Areview of fuzzy AHP methods for decision-making with subjective judgements*, *Expert Systems with Applications*, 161, 113738. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113738>
- Mansuri Moghadam, S., Zalaghi, E. & Mehrjoo, F. (2000). *Investigating the causes of drought crisis in Khuzestan and providing a solution in this field*. The 5th international conference of new horizons in agricultural sciences, natural resources and environment, Tehran, Iran, [In Persian].
- Maryanaji, Z. (2021). *Investigating the effects of geographical factors on drought and agricultural development in Asadabad city*. The first national conference of community-oriented researches in agriculture, natural resources and environment, Hamedan, Iran, [In Persian].
- Momeni, M. & Sharifisalim, A. (2015). *Multi-indicator decision making models and software*, Mehraban nashr publishing, Tehran, Iran, [In Persian].
- Mozafari, M., GHaderi, R., Bedraghnejad., A. & Azad falah, Z. (2017). Identifying and prioritizing factors affecting the drying up of Lake Urmia based on the Delphi model, *Physical Geography Quarterly*, 10 (35), 101-114, [In Persian].
- Mukherjee, S., Mishra, A. & Trenberth, K.E. (2018). Climate change and drought: a perspective on drought indices, *Current climate change reports*,

Zalaghi, E., Zalaghi, E. & Kidkhorde, A. (2013). *Investigating the causes of drought crisis in Khuzestan and providing a solution in this field*. The 5th Water Resources Management Conference, Tehran, Iran, [In Persian].